

УДК 614.82:62-7/-78

© Д.П. Заїкіна

**УДОСКОНАЛЕННЯ МОДЕЛІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ
ПІДПРИЄМСТВ ГІРНИЧОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

© D. Zaikina

**IMPROVEMENT OF THE MODEL FOR PROTECTION AT THE
MINING INDUSTRY**

Мета. Удосконалення принципів і засобів підвищення рівня охорони праці та промислової безпеки на основі систем і методів моніторингу та прогнозування небезпечних і шкідливих виробничих факторів, параметрів природної та техногенної середовищ.

Методика дослідження. Нині виникає загальнодержавна потреба розвивати нові і удосконалювати методи, що виправдали себе, засоби і принципи охорони та зміцнення здоров'я працівників шкідливих професій, в тому числі шахтарів, праця яких за існуючими критеріями відноситься до категорії високого ризику для життя і здоров'я.

Так, для досягнення поставленої мети було використано комплексний метод наукового дослідження, який містить узагальнення та аналіз літературних джерел і статичної інформації за умовами праці на залізрудних шахтах; методи і концепції теорій подібності та математичного моделювання, множин, дослідження операцій, автоматичного управління, методи логіко-імовірнісного і чисельно-імовірнісного числення.

Необхідні експериментальні дослідження проводилися в умовах рудних шахт.

Результати дослідження. Результати проведених досліджень можуть вживатися горнодобувними підприємствами під час прогнозування та виникнення небезпечних ситуацій, таких як аварії і аварійні ситуації.

Наукова новизна. На основі розгляду шахти як складної гірничо-геологічної та гірничо-технічної системи удосконалено модель забезпечення безпеки підприємств гірничої промисловості, що враховує природні та техногенні умови, характеристики та параметри небезпек, технологічних і виробничих процесів.

Практична значення. Розроблено технологічні рішення в частині побудови інформаційних систем для збору інформації по аварійності та вдосконалення методології здійснення контролю.

Ключові слова: фактори виробничого середовища і трудового процесу, небезпечна подія, шкідливі та небезпечні умови праці, професійний ризик, контроль переміщення працівників

Вступ. Аналіз фізико-механічних властивостей порід і руд на шахтах Кривбасу – Жовтнева, Ювілейна, Тернівська, показав, що основні поклади характеризуються межею міцності руд на стиск від 30 до 180 МПа і порід, що вміщують – від 40 до 210 МПа.

Граничні межі зміни фізико-механічних властивостей окреслюють межі вищезазначених параметрів за теоретичних і лабораторних досліджень. Породи лежачого блоку, часто в півтора-два рази міцніше, що може бути пояснено тектонічними переміщеннями порід в висячих крилах рудних покладів, але логічно припустити зменшення міцності в рухомому боці.

Пористість джеспіліту зменшується зі збільшенням глибини його залягання. Для джеспілітів пористість в основному залежить від ступеня вилуговування. Величина пористості джеспіліту (вона змінюється від часток до 25–30%) впливає на механічні властивості.

На основі аналізу пористості і міцності встановлено, що у породах з пористістю від 10 до 25% міцність залежить як від мінералогічного складу, так і від пористості, при підвищенні пористості до 30% і вище міцність в основному залежить від пористості.

Актуальність роботи. На фоні зростання економічної ефективності і зниження рівня загального та смертельного травматизму на гірничодобувних підприємствах Кривбасу досі виникають виробничі небезпечні ситуації, що викликають суспільний резонанс. Методи, що застосовуються для забезпечення безпеки виробництва, нерідко недостатньо співвідносяться з методами забезпечення його ефективності, а іноді навіть суперечать один одному. Це призводить до того, що зростання ефективності виробництва супроводжується збільшенням потенційного соціально-економічного збитку, вчасності для здоров'я працівників, у результаті настання негативних подій, пов'язаних з виробничою діяльністю підприємства, тобто зростанням ризику травматизму та професійних захворювань [1–8].

Отже, наукові дослідження, присвячені зниженню показників виробничого травматизму та рівня нещасних випадків працівників залізорудних шахт, на підставі розроблення наукових принципів виявлення негативних подій є актуальними й мають важливе значення для створення безпечних і комфортних умов праці.

Формулювання цілей. Метою досліджень було встановити:

- коректність функціонування конструктивних елементів МЗБГП;
- підтвердження факту визначення місцезнаходження гірників в шахті з урахуванням особливостей фізико-механічних властивостей гірських порід Кривбасу;

Аналіз попередніх досліджень. Проведено аналіз існуючих систем пошуку шахтарів під завалами, що сучасні системи теоретично вирішують поставлені перед ними завдання, але на практиці представлені системи мають ряд недоліків [1–7]:

- вартість придбання при однакових вимогах до проектних рішень 3–4 рази більше;
- вимоги до обслуговуючого персоналу (потрібно утримання або залучення (нерідко фахівців тримають з функціональної завантаженням не більше 50%) окремого штату вузьких фахівців на кожну підсистему);
- невисокі робочі характеристики в присутності радіо-непрозорих і поглинаючих матеріалів (залежить від частоти);

– вплив факторів навколишнього середовища (найчастіше знаходження приладів в агресивному середовищі може впливати на точність читання міток в залежності від частоти);

– вплив перешкод від апаратури (наприклад, розташування та орієнтація антени).

Виділення невирішеної частини проблеми. У більшості випадків, ступінь поглинання радіохвиль визначається електропровідністю гірських порід, оскільки інші параметри – діелектрична і магнітна проникність – змінюються в невеликих межах. Порооди, що мають велику електричну провідність здатні більшою мірою поглинати електромагнітну енергію. Рудні тіла з високою електропровідністю та іншими об'єктами, що мають велику провідність, є для радіохвиль екранами, що створюють аномальний ефект, який виражається в ослабленні напруженості електромагнітного поля [1–5].

Таким чином через особливості фізико-механічних властивостей гірських порід, попередні способи визначення місцезнаходження гірників захоплених аварією в шахтах не діють в умовах Кривбасу. Тому виникає потреба у розробці пристрою контролю пересування працівників, що зайняті у видобування корисних копалин підземним способом Кривбасу.

Основна частина. Авторами запропонована концепція побудови та експлуатації пристрою пошуку гірників у шахтах під час виникнення аварій з підвищеною функціональною надійності та інформаційної достовірності, що складається з:

1) Безконтактний радіочастотний зчитувач TRANSIT Standard.

Дане обладнання легко інтегрується в класичні системи контролю та управління доступом, оскільки використовує стандартний формат Wiegand. Зчитувач TRANSIT ATEX працює в частотному діапазоні 2.400–2.482GHz та відноситься до класу RFID зчитувачів (Radio Frequency Identification).

Безпечний корпус, в який вбудований зчитувач, розроблений відповідно до єдиних міжнародних вимог безпеки і схвалений акредитованими випробувальними центрами.

2) HD TAG ISO – активна мітка.

3) Центральний контролер системи Integriti в корпусі з БП.

4) Сервер HP ML110 Gen9 E5-2620v4 2.1GHz / 8-core / 1P 8GB 1TB LFF Hot-Plug B140i DVD-RW Twr, Win Srv 2012 R2.

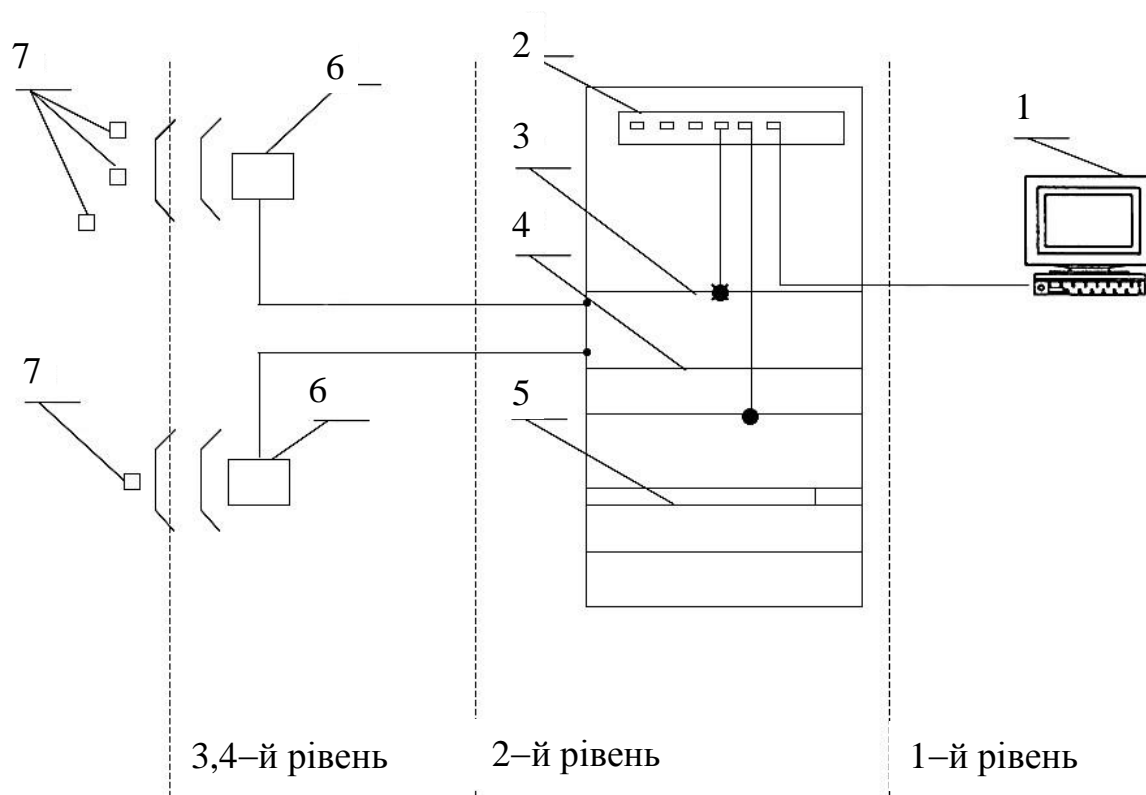
5) Medium Integriti Powered Enclosure.

6) Перетворювач RS485 в TCP / IP.

7) Програмне забезпечення.

Узагальнена структура концептуальної моделі пристрою пошуку гірників приведена на рис. 1. Система побудована по чотирьохрівневому ієрархічному принципу з поділом як за функціями, так і за місцем розташування на верхній (наземний) – 1, 2 і нижній (підземний) – 3, 4 рівні. Підсистема верхнього рівня

забезпечує диспетчерський контроль і ведення баз даних. Підсистема нижнього рівня здійснює збір і передачу на верхній рівень даних щодо місцезнаходження персоналу шахти і транслявання сигналів оповіщення про аварії.



a)

Рис. 1. (а). Структурна схема моделі спрощеного пристрою пошуку гірників у шахтах під час виникнення аварійних ситуацій з підвищеною функціональною надійністю та інформаційної достовірністю: 1 – робоче місце; 2 – Switch; 3 – контролер Inner Range; 4 – Server; 5 – ДБЖ; 6 – TRANSIT ATEX; 7 – Мітки HD TAG ISO

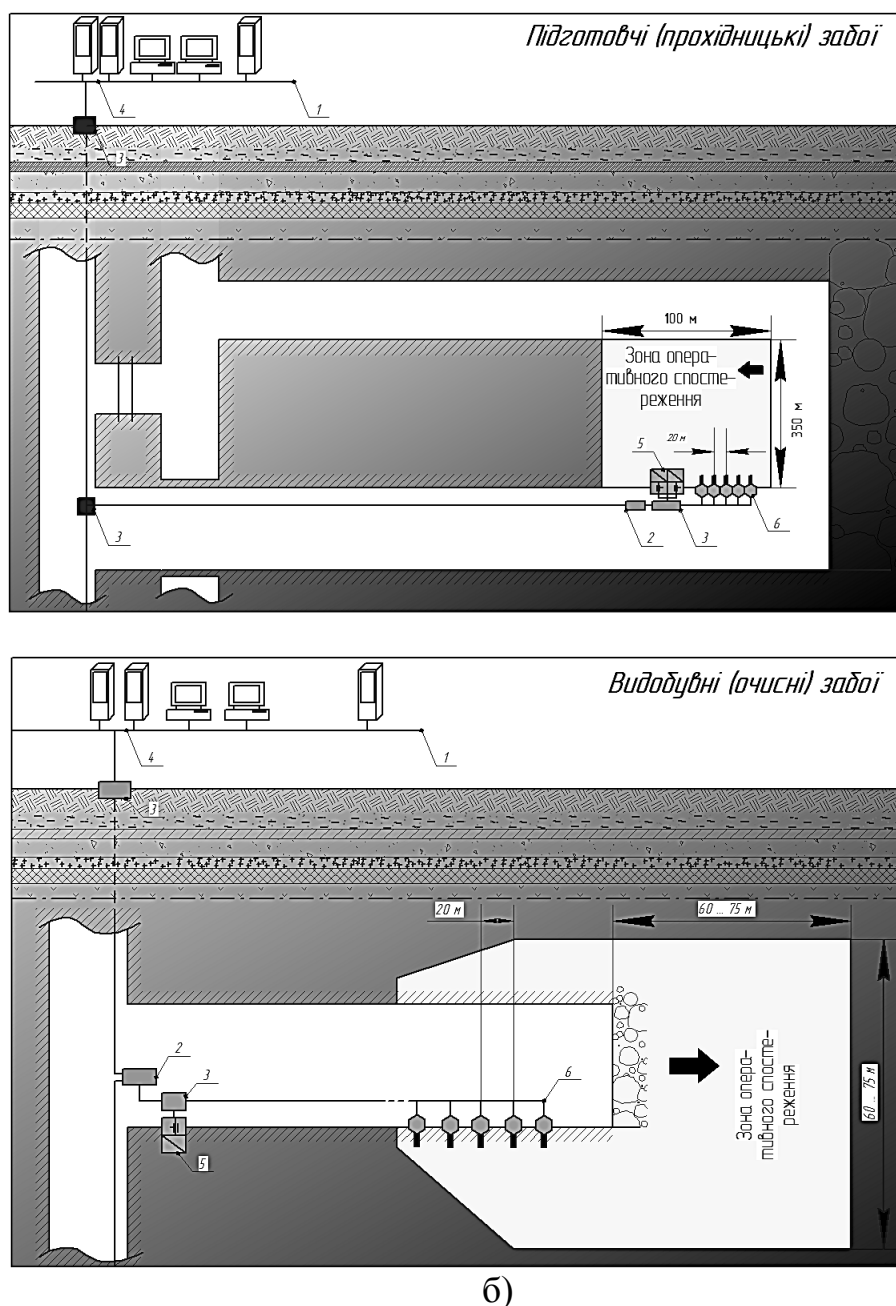


Рис. 1. (б). Структурна схема моделі спрощеного пристрою пошуку гірників у шахтах під час виникнення аварійних ситуацій з підвищеною функціональною надійністю та інформаційної достовірністю: 1 – робоче місце; 2 – Switch; 3 – контролер Inner Range; 4 – Server; 5 – ДБЖ; 6 – TRANSIT ATEX; 7 – Мітки HD TAG ISO

По всій шахті, в залежності від її топології, розставляють безконтактні радіочастотні зчитувачі (6) для роботи у вибухонебезпечних середовищах. Безконтактні радіочастотні зчитувачі (6) забезпечують зчитування міток (7) на відстані до 10 метрів. Безконтактні зчитувачі пов'язують з радіомітками за допомогою локальної обчислювальної мережі, що здійснює передачу кодів прочитаних

міток контролеру (3) в системах контролю доступу. Зв'язок між зчитувачем і приймаючим контролером здійснюють через трьохпровідну шину. Комутатором (2) передають коди прочитаних міток, які записують в базу даних ідентифікаційних сигналів, безпосередньо на сервіс (4). автоматизоване робоче місце диспетчера з'єднується з сервером через виту пару. Виконують визначення місця розташування гірників в залежності від характеристик радіосигналів і положення зчитувачів в зонах по методу модульованого зворотного розсіювання. Контролюють знаходження гірників на робочих місцях відповідно до їх нарядами, що дозволяє створити необхідні умови для безпечної та швидкої евакуації гірників в аварійній ситуації.

Для перерахованих електричних, електронних і програмованих систем характерні наступні властивості:

- 1) постійний зв'язок з працівником та високий коефіцієнт готовності;
- 2) використання автономних джерел електричної енергії, що забезпечують 10 годин і більше (до 72) безперервної роботи;
- 3) малі розміри та вага.

Наведений перелік може бути доповнений засобами: контролю життєвих показників працівника (комплексу параметрів активності фізіологічних систем людини, що характеризують рівень життєдіяльності його організму); терморегуляції (забезпечення працездатності протягом короткого часу за підвищених температурах та ін.).

Для здійснення експериментальних досліджень використовувалися наступні прилади та обладнання: комутатор, контролер Inner Range, Server, ДБП, TRANSIT ATEX, мітки HD TAG ISO.

Дослідження полягали у визначенні місцезнаходження гірників в шахті при таких аеродинамічних параметрах виробки (польовий штрек) гор. 1240 м, ш. «Батьківщина» ПАТ «КЖРК»:

- $l = 120$ м;
- $\Pi = 15,5$ м;
- $S_b = 13,8$ м²;
- $Q = 110$ м³/с;
- $V = 7,9$ м/с;
- $\alpha \cdot 10^3 = 14,4$ Нс²/м⁴;
- $h = 123,3$ Па.

Випробування здійснювалися на 4 рівнях: за місцем розташування на наземних – 1, 2 та, відповідно, підземних – 3, 4. Під час здійснення випробувань МЗБГП працювала в діапазоні ISM від 2,4 до 2,45 ГГц. Теги (так звані модифікатори поля), які використовувались в моделі, оснащені літієвої батареї для живлення внутрішнього алгоритму роботи об'єкта та не містять передавач, але після модифікації використовували отриману потужність від зчитувача для повторної передачі. Отримана радіочастотна потужність від зчитувача модулюва-

лась даними з чипа, який містив ідентифікаційний номер. Для зчитування даних була вказана мітка. Більшість синтетичних матеріалів прозорі для радіочастотної енергії з невеликим загасанням і не утворюють перешкод. Розміщення міток на металевій поверхні не вплинуло на діапазон зчитування.

Діаграми антени считувача мали вертикальну ширину променя 40° та ширину горизонтального променя 80° . Ці мітки мають симетричну діаграму, 80° в горизонтальній та вертикальній площинах. Зона покриття базувалась на комбінації двох діаграм. Під час визначення діапазону зчитування між зчитувачем та міткою враховувалась кутова неузгодженість між зчитувачем та міткою. Діапазон зчитування скорочується в кілька разів, коли мітка знаходиться у включеному положенні за співвідношенням потужності на 2 разів менше від потужності (співвідношення напруг 1,41 рази) з антеною зчитувача і звичайний тег залишається паралельним основних вісям зчитувача за рекомендованими нормами (рис. 2).

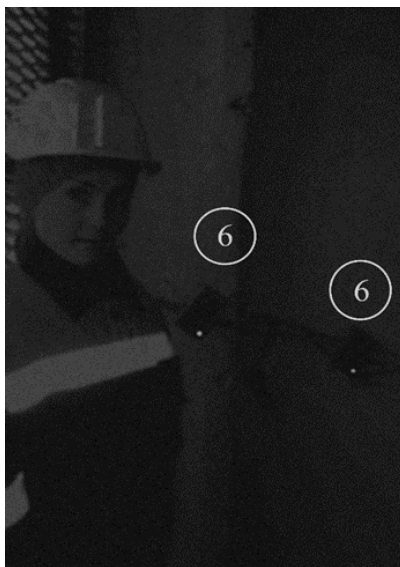


Рис. 2. Приклад розміщення зчитувачів TRANSIT ATEX (6) на вході у гірничу виробку ш. «Родіна» ПАТ «КЗРК»

Слід мати на увазі, що кутова неузгодженість в більшості випадків присутня в двох площинах. Це ускладнює просту оцінку зони покриття. Комп'ютерна модель має можливість оцінити найбільшу кількість конфігурацій. В ході досліджень було підтверджено факт визначення місцезнаходження гірників в шахті з урахуванням особливостей фізико-механічних властивостей гірських порід Кривбасу.

Висновки та рекомендації. В результаті була розроблена система, що володіє наступними функціональними можливостями:

- безперервний контроль місця розташування персоналу;
- оперативне формування інформації про маршрут проходження персоналу;

- оперативна вироблення і виконання управлінських рішень, спрямованих на забезпечення порятунку персоналу, захопленого аварією;
- зручне ергономічне відображення в диспетчерських пунктах інформації про поточну дислокації персоналу;
- своєчасне формування і надання персоналу гірських рятувальників документів щодо дислокації персоналу шахти, захопленого аварією;
- оснащення команди гірських рятувальників мобільними засобами пошуку людей, захоплених аварією в умовах задимленості і, можливо, завалених породою, зі збереженням часу виявлення і можливістю подальшого копіювання інформації в базу даних.

Перелік посилань

1. The specialization of the Vital Alert (2012). *About the Vital Alert* [WWW document]. URL <https://vitalalert.com/markets/infrastructure/tunneling/>
2. Schmidt, P. E., Silverstrim, J. E., & Koleszar, L. (2016). *Method and apparatus for reliable communications in underground and hazardous areas*. US 14/521,081.
3. Система самоспасення горняков. Общие требования (2006) : СОУ 10.1-00174102-002-2004. Донецк, 23.
4. Устав ВГСС по организации и ведению горноспасательных работ на горнорудных предприятиях. (1996). Министерство промышленности Украины. К..
5. Голинько, В. И., Алексеенко С. А., & Смоланов И. Н. (2011). *Аварийно-спасательные работы в шахтах*. Днепропетровск: Лира ЛТД, 481.
6. Ваганов, В. С. (2014). Многофункциональные системы безопасности, применяемые при производстве горных работ. *Горная Промышленность*, 3 (115), 25.
7. Бабенко, А. Г. (2016). *Теоретическое обоснование и методология повышения уровня охраны труда в угольных шахтах на основе риск – ориентированного подхода и многофункциональных систем безопасности* (Докторська дисертація). СПб., 259.
8. Заїкіна, Д. П. (2017). Концептуальна модель спрощеного пристрою пошуку гірників у шахтах під час виникнення аварійних ситуацій з підвищеною функціональною надійністю та інформаційної достовірністю. *IV International Scientific and Practical Conference «Topical Problems of Modern Science and Possible Solutions» (September 30, 2017, Dubai, UAE)*, 3(19), 4–13.

АННОТАЦІЯ

Цель. Усовершенствования принципов и средств повышения уровня охраны труда и промышленной безопасности на основе систем и методов мониторинга и прогнозирования опасных и вредных производственных факторов, параметров природной и техногенной сред.

Методы исследования. В настоящее время возникает общегосударственная потребность развивать новые и совершенствовать оправдавшие себя методы, средства и принципы охраны и укрепления здоровья работников вредных профессий, в том числе шахтеров, труд которых по существующим критериям относится к категории высокого риска для жизни и здоровья. Так, для достижения поставленной цели был использован комплексный метод научного исследования, который содержит: обобщение и анализ литературных источников и статистической информации по условиям труда на железорудной шахте; методы и концепции теорий

подобия и математического моделирования, множеств, исследования операций, автоматического управления, методы логико-вероятностного и численно-вероятностного исчислений. Необходимые экспериментальные исследования проводились в условиях рудных шахт.

Результаты исследования. Результаты проведенных исследований могут использоваться горнодобывающими предприятиями при прогнозировании и возникновении опасных ситуаций, таких как аварии и аварийные ситуации.

Научная новизна. На основе рассмотрения шахты как сложной горно-геологической и горно-технической системы усовершенствованно модель обеспечения безопасности предприятий горной промышленности, учитывающая природные и техногенные условия, характеристики и параметры опасностей, технологических и производственных процессов.

Практическая значимость. Разработаны технологические решения в части построения информационных систем для сбора информации по аварийности и совершенствования методологии осуществления контроля.

Ключевые слова: *факторы производственной среды и трудового процесса, опасное событие, вредные и опасные условия труда, профессиональный риск, контроль перемещения работников*

ABSTRACT

Purpose. Improvement of principles and means of raising the level of occupational safety and health and industrial safety on the basis of systems and methods for monitoring and forecasting hazardous and harmful production factors, parameters of natural and technogenic environments.

Research methods. Currently, there is a countrywide need for develop new and improve given methods, means and principles for the protection and promotion of health workers at unhealthy trades, including miners, whose work on existing criterion is applied to the category of high life and health risk. Thus, to achieve this purpose there was the complex method of scientific research, comprising: a generalization and analysis of the literature and static information on the working conditions in the iron-ore mines; methods and concepts of similarity theories and mathematical modelling, sets, operations research, automatic control, methods of logic-probabilistic and numerical-probability calculus. Necessary experimental studies were carried out in the conditions of ore mines.

Results. The results of the performed studies can be used by mining enterprises when forecasting and the occurrence of hazardous situations, such as emergencies and contingency.

Originality. Based on the consideration of the mine as a complex mining-geological and mining-technical system, the model of protection for the mining enterprises, taking into account natural and induced conditions, characteristics and parameters of hazards, technological and production processes is improved.

Practical value. Technological solutions have been developed in the construction of information systems for collecting information on the accident rate and improving the methodology for monitoring.

Keywords: *working-environment factor and working process, hazardous event, harmful conditions and hazardous job, occupational hazard, control of movement of workers*